

Zur Entstehung des Göttinger Leinetalgrabens

Ein Beitrag zur Tektonik unserer mitteldeutschen Gräben

Von Herrn **O. Grupe** in Berlin

Hierzu 3 Textfiguren

Sonderabdruck

aus dem

Jahrbuch der Preußischen Geologischen Landesanstalt

für

1921

Band XLII, Heft 2

BERLIN

Im Vertrieb bei der Preußischen Geologischen Landesanstalt

Berlin N 4, Invalidenstraße 44

1922

Zur Entstehung des Göttinger Leinetalgrabens Ein Beitrag zur Tektonik unserer mitteldeutschen Gräben

Von Herrn **O. Grupe** in Berlin

Hierzu 3 Textfiguren

Die LACHMANN'sche Ekzemtheorie, die in der geologischen Literatur des letzten Jahrzehnts einen so lebhaften Kampf der Meinungen über den Bau unserer Zechsteinsalzlagerstätten entfacht hat, dürfte den Fachgenossen genügend bekannt sein. Nach dieser Theorie soll der äußere und innere Aufbau der Salzmassen weniger durch gebirgsbildende, exogene, als vielmehr durch dem Salze innewohnende, endogene, Kräfte, den sog. »Salzauftrieb«, bedingt sein, der durchaus unabhängig von tektonischen Vorgängen, höchstens von »tektonisch präformierten Linien« ausgehend, die Salzschichten deformiert hat und nach manchen Wandlungen der Hypothese zuletzt als »eine als Wirkung der Schwerkraft der Erde sich kenntlich machende vertikale Kraft« definiert worden ist (1).

Es soll nicht der Zweck der folgenden Ausführungen sein, auf die LACHMANN'sche Theorie als solche nochmals näher einzugehen. Ich halte sie, soweit sie in einseitiger Weise den Bau und die Entstehung unserer Salzhorste zu erklären sucht, durch die Arbeiten HARBORT's und vor allem STILLE's für hinreichend widerlegt. Womit wir uns dagegen hier beschäftigen wollen, das ist die Anwendung dieser Theorie auf die Entstehung unserer mitteldeutschen Gräben, speziell des Leinetalgrabens, wie sie bereits von LACHMANN in seiner nachgelassenen Arbeit (2) und in eingehender Weise vor kurzem von FREBOLD (3) in den Jahresberichten des niedersächsischen geologischen Vereins versucht worden ist. Nach dieser Auffassung der beiden Autoren soll der Leinetalgraben kein tektonischer Graben sein, vielmehr eine Einbruchsscholle über dem ausgelaugten Untergrund eines »Reihen-ekzems«, d. h. eines streifenförmig emporgewachsenen Zechsteinsalz-Geschwürs darstellen. Stehe ich schon sowieso der LACHMANN'schen Ekzemtheorie sehr skeptisch gegenüber, so erscheint es mir im höchsten Grade verfehlt, diese Theorie sogar zur Erklärung unserer mitteldeutschen Gräben heranzuziehen, und da FREBOLD sich in seiner Arbeit auch auf die Ergebnisse meiner früheren Untersuchungen (4 und 5) bezieht, so sehe ich mich veranlaßt, gegen seine Ausführungen Stellung zu nehmen und meinen ablehnenden Standpunkt zu begründen.

Ich benutze dabei zugleich die Gelegenheit, die Frage nach der tektonischen Entstehung des Leinetalgrabens von neu gewonnenen Gesichtspunkten aus zu behandeln und zur Diskussion zu stellen.

1. Über die tektonische Natur des Leinetalgrabens

Ich darf hier davon absehen, den Verlauf der die Grabenbruchzone des Leinetals zwischen Eichenberg und Northeim bildenden Störungen und Verwerfungen im einzelnen zu schildern. Es geht dies ja zur Genüge aus der v. KOENEN'schen Darstellung der Blätter Reinhausen, Göttingen, Northeim, Moringen (Lief. 62 und 91 der geol. Spezialkarte von Preußen) hervor, die ich den Leser bitte zur Hand zu nehmen. Überdies hat ja auch FREBOLD von den Oberflächenverhältnissen des Göttinger Leinetalgrabens eine eingehende Beschreibung gegeben, auf die verwiesen sei. Es sollen im folgenden im wesentlichen nur die maßgebenden Fragen und Faktoren bezüglich des Aufbaus und der Entstehung des Leinetalgrabens näher erörtert werden.

Bei der FREBOLD'schen Schilderung des Leinetalgrabens fallen zwei bemerkenswerte Unterscheidungen auf, die er einmal zwischen der östlichen und westlichen Begrenzung des Grabens und zum andern bei der nördlichen Begrenzung gegenüber dem benachbarten Einbeck-Markoldendorfer Becken macht. Die östlichen Randverwerfungen des Leinetalgrabens, die bei ihrer bedeutenden Sprunghöhe von vielen Hunderten von Metern — es grenzen hier vielfach Lias und jüngerer Keuper an Muschelkalk und Buntsandstein — die Hauptphysiognomie des Grabens bedingen, sind auch nach FREBOLD wenigstens in ihrer ursprünglichen Anlage tektonischer Natur und gleichzeitig mit der Aufrichtung des Harzes während der verschiedenen Phasen der saxonischen Gebirgsbildung entstanden. Jedoch sind sie nach FREBOLD nicht ausschließlich tektonischer Entstehung, vielmehr soll sich ihre bedeutende Sprunghöhe daraus erklären, daß die durch sie verworfenen Schollen des Leinetals infolge der späteren Auslaugung des »Ekzems«, die gerade an diesen Grabenspalten ihren Ausgang nahm, noch um ein beträchtliches Stück tiefer einsanken. Diese Auslaugungseinbrüche bewirkten dann alle die anderen Lagerungsstörungen und Verwerfungen des Grabens, so besonders auch seine westlichen Randbrüche, die im Gegensatz zu den östlichen ausschließliche Folgeerscheinungen der Ekzemauslaugung sein sollen. Begründet wird diese letztere Annahme hauptsächlich mit der etwas abweichenden Richtung der westlichen Randverwerfungen, die im Vergleich mit den im allgemeinen mehr nordnordöstlich verlaufenden östlichen Randverwerfungen vorherrschend rein nördlich gerichtet sind, sowie mit ihrer weit geringeren Sprunghöhe.

Es sind dies nun allerdings Gründe, die ich in keiner Weise anerkennen kann. Gewiß ist für viele unserer südnördlichen, sog. »rheinischen« Brüche eine gewisse Ablenkung nach O besonders charakteristisch, aber daneben kommen natürlich auch rein nordsüdlich, wie nordnordwestlich gerichtete Störungslinien vor, wie dies z. B. eben-
sogut bei dem auch nach FREBOLD's Ansicht rein tektonischen Ober-

rheintalgraben der Fall ist, von dem diese Art von Störungen ihren Namen entlehnt haben. Überdies ist ja auch die gleiche rein nord-südliche Richtung unter den östlichen Randbrüchen des Leinetalgrabens, so z. B. zwischen Bovenden und Nörten, vertreten, deren ursprüngliche Anlage FREBOLD für tektonisch hält. Und was das verschiedene Ausmaß der Sprunghöhen des Grabens im O und W anlangt, so ist dies ja eine gewöhnliche Erscheinung bei den meisten unserer mitteldeutschen Gräben, deren extreme Form schließlich die einseitig verworfenen und auf der anderen Seite »flexurartig«, d. h. ungestört mit dem Seitenflügel verbundenen Gräben darstellen. Aber abgesehen davon ist dies gerade beim Leinetalgraben nicht einmal durchgehend der Fall, denn in verschiedenen Partien, so in der Umgebung von Friedland oder nördlich Göttingen, wo die Randflügel beiderseits von Muschelkalk und die Innenmassen des Grabens zunächst von Keuperschichten gebildet werden, besitzen die Randbrüche sowohl auf der östlichen wie westlichen Seite ungefähr die gleichen Sprunghöhen. Wir haben uns eben vorzustellen, daß der Graben nicht zwischen zwei stehengebliebenen Horsten zur Tiefe gesunken ist, sondern daß auch die angrenzenden Hochgebiete sich bei der Gebirgsbildung in Bewegung, und zwar in Aufwärtsbewegung befunden haben und dabei in verschiedene Niveaus gelangt sein können. Wir werden auf diese genetischen Fragen noch weiter unten näher eingehen.

Ebenso unberechtigt und unbegründet ist aber auch die verschiedene Bewertung, die FREBOLD dem Leinetalgraben (im engeren Sinne) einerseits und dem nördlich angrenzenden Einbeck-Markoldendorfer Becken (vergl. die Blätter der Lief. 91 und 127, Einbeck, Dassel und Lauenberg) andererseits zuteil werden läßt, welch letzteres nach FREBOLD im Gegensatz zu dem »Reihenekzem« des Leinetalgrabens eine tektonische Grabenversenkung darstellt; wenigstens darf ich seine Ausführungen zumal im Hinblick auf die beigegegebene kartographische Darstellung wohl in diesem Sinne deuten. Es erscheint mir ein Streit um Worte, ob ich, wie ich früher getan, die Störungen des Leinetalgrabens in das hercynisch gerichtete Einbeck-Markoldendorfer auslaufen lasse, d. h. das letztere als die hercynisch gerichtete Fortsetzung des Leinetalgrabens betrachte, der allerdings zwischendurch, nämlich zwischen Nörten und Hillerse, durch die Muschelkalk-Ausläufer der Ahlsburgachse horstartig unterbrochen wird, oder ob ich an diesem Muschelkalk-Buntsandstein-Zuge der Ahlsburgachse den Leinetalgraben (im engeren Sinne) aufhören und gleich jenseits dieser Achse, also noch im Bereich des Leinetals und der rheinisch verlaufenden Leinetalstörungen bei Northeim das Einbeck-Markoldendorfer Becken beginnen lasse. In jedem Falle sind beide tektonische Einheiten durchaus gleich zu bewerten, und ich sehe nicht den geringsten Grund, weshalb die ganz analog gebauten Gebiete durch so verschiedene Kräfte, im einen Falle durch Ekzembildung mit nachfolgender Salzauslaugung, im anderen Falle durch tektonische Vorgänge entstanden sein sollen, weshalb z. B. die Liasversenkung am Ostrande des

Leinetals bei Göttingen und Nörten durch Salzauslaugung, bei Northeim und Einbeck dagegen durch tektonischen Einbruch bewirkt sein oder weshalb die starke, regellose Zerstückelung des Gebirges, wie sie sowohl der Leinetalgraben als auch das Einbeck-Markoldeadorfer Becken in gewissen Partien aufweisen, so ganz verschiedene Ursachen haben soll.

Zum mindesten müßte man aber erwarten, daß FREBOLD für die Deutung des Leinetalgrabens als »Reihenekzem« irgendwelche positiven Anhaltspunkte geben, daß er wenigstens das Vorhandensein der z. T. abgelaugten Zechsteinsalzlagerstätte im nahen Untergrunde des Leinetals unter den eingesunkenen Keuper- und Liasschollen nachzuweisen versuchen würde. Die Angaben, die er aber in dieser Beziehung macht, sind über alles dürftig — allein ihr Umfang beschränkt sich auf nur wenige Zeilen — und fordern den schärfsten Widerspruch heraus. »Daß tatsächlich im Untergrunde des Leinetals Salz ansteht, das dürfen zur Genüge die salzhaltigen Brunnen in Lenglern, die solhaltige Quelle am Ummelberge bei Nörten, die dem Botaniker bekannten Salzwiesen bei Harste mit ihrer typischen Salzflora und nicht zuletzt die Profile von Tiefbohrungen bei Harste und bei der Saline Luisenhall beweisen, welche letztere in etwa 250 m bzw. etwa 440 m salzführende Mergel und reichlich Gips bzw. Steinsalz angetroffen haben«, schreibt Herr FREBOLD zum Beweise seiner Ekzemtheorie, und damit hat er ja zweifellos Recht! Überall im Verlaufe des Leinetalgrabens werden wir irgendwo in der Tiefe Steinsalz zu erwarten haben. Nur haben diese Salze, soweit sie in verhältnismäßig geringer Tiefe von wenigen hundert Metern liegen, nichts mit Zechstein zu tun, sondern sie gehören allen möglichen jüngeren Formationen, dem Gipskeuper, vielleicht auch dem Mittleren Muschelkalk, vor allem aber dem Röt an, der ja überall im tieferen Untergrunde, speziell auch im Leinetal nach den Bohrungen der letzten Jahrzehnte Salzlager, zuweilen sogar mächtigere Salzlager führt. Herr FREBOLD scheint diese jüngeren salzführenden Formationen nicht zu kennen, und doch geben ihm schon die Erläuterungen des Blattes Göttingen, sowie die Arbeit von TORNQUIST über den Gipskeuper in der Umgebung von Göttingen (1892), aus denen seine obigen Angaben stammen dürften, darüber Aufschluß, daß die bei Harste und von der Saline Luisenhall erbohrten und genutzten Salze dem Gipskeuper angehören, daß jedenfalls nach der Zusammensetzung des gipsführenden Deckgebirges nicht der geringste Grund dafür besteht, das folgende Steinsalz anders als einen Bestandteil des Gipskeupers aufzufassen. Oder hat Herr FREBOLD irgend einen Anhalt für die gegenteilige und zum mindesten recht ungewöhnliche Auffassung, daß unter dem Gipskeuper plötzlich Zechsteinsalze auftreten? Erfahren tun wir ihn nicht. Es werden einfach die Salze zugunsten der Ekzemtheorie ganz willkürlich dem Zechstein zugerechnet!

Zum Glück steht uns nun aber das Ergebnis einer in neuerer Zeit niedergebrachten Tiefbohrung im Leinetal zur Verfügung, die

auch das tiefere Salzgebirge durchsunk und von mir Schicht für Schicht genau untersucht worden ist. Allerdings liegt diese Bohrung nicht in dem von FREBOLD angenommenen Ekzemgraben, sondern gleich jenseits der bewußten Ahlsburgachse beim Orte Sudheim (zwischen Nörten und Northeim), wo ja nun auf einmal, wenn ich Herrn FREBOLD recht verstehe, die Lias-Keuperversenkung rein tektonisch sein soll. Diese im Gipskeuper des Leinetals bei Sudheim angesetzte Bohrung Sudheim II, deren Profil ich seinerzeit in der Zeitschrift für praktische Geologie (6) bekanntgegeben und auch graphisch dargestellt habe, ist nun in zweifacher Hinsicht interessant, zunächst dadurch, daß sie bei 558—837,5 m ein mächtiges, an der Basis von einzelnen Kalischmitzen durchsetztes Rötsteinsalzlager erschlossen und dann darunter die flach nach W einfallende Randverwerfung des Leinetalgrabens durchteuft hat, der zufolge auf das Rötsteinsalzlager bei 837,5 m unter Ausfall des Mittleren und Unteren Buntsandsteins sofort das Zechsteinsalzlager folgt, und zwar das Zechsteinsalzlager des östlichen Randflügels des Leinetals, das daselbst ebenfalls von der Bohrung Sudheim I in der gleichen Beschaffenheit, aber unter normalen tektonischen Verhältnissen durchsunk ist (vergl. die beiden Textfiguren auf S. 608 und 610)¹⁾. Ich bemerke dazu, daß die beiden Salzlager sich in ihrer Beschaffenheit und Zusammensetzung derart scharf unterscheiden, daß an ihrer durch die Verwerfung verursachten Übereinanderlagerung kein Zweifel besteht. Während das Rötsalz sich durch eine auffallend grobspätige Struktur im allgemeinen auszeichnet und an der wiederholten Einlagerung banter Rötletten leicht kenntlich ist, besitzt das dann folgende Zechsteinsalzlager das typische Normalprofil, wie es im einzelnen durch die Aufeinanderfolge von Jüngerem Steinsalz mit Rotem Salzton und Pegmatitanhydrit, Hauptanhydrit, Grauem Salzton, Kalilager, Älterem Steinsalz, Älterem Anhydrit und schließlich Stinkstein des Mittleren Zechsteins charakterisiert wird.

Es muß sehr befremden, daß Herr FREBOLD dieses für die Auffassung des Leinetalgrabens so wichtige Profil trotz seiner Kenntnis der betreffenden Arbeit — er führt dieselbe im Literaturverzeichnis mit an — vollkommen unberücksichtigt gelassen hat, zumal wenn man sein Bedauern über den Mangel an tieferen Bohraufschlüssen im Leinetal liest, durch die er evtl. seine Theorie stützen könnte. Allerdings durch diese Bohrung wird das »Ekzem« des Leinetals nicht gestützt, es erfährt vielmehr eine glatte Widerlegung. Denn die Bohrung hat weder ein aufgestiegenes Salzkekem, noch irgendwelche Auslaugung von solchem festgestellt. Statt dessen hat sie zwei intakte Salzlager angetroffen, von denen das erstere, das Rötsalz, erst bei 558 m im normalen Liegenden der höheren Rötschichten auftritt, während das zweite, das Zechsteinsalzlager, dann unter diesem bei 837,5 m infolge der Randverwerfung beginnt und tektonisch dem

¹⁾ Die Bohrung Sudheim I wird von dem in den Textfiguren gezeichneten Profil nicht genau geschnitten, sondern liegt in Wirklichkeit etwa $\frac{1}{2}$ km weiter südlich.

Randflügel des Grabens angehört, der sich im Untergrunde dem flachen Einfallen der Randspalte zufolge soweit in das Leinetal hinein verschiebt.

Das weiter nach N zu folgende Gebiet des Leinetals ist dann durch die Tiefbohrungen und Schachtanlage des Kaliwerkes »Siegfried I« bei Vogelbeck erschlossen. Danach liegt auch dort das Zechsteinsalzlager erst in größerer Teufe von rd. 800—900 m und zwar in durchaus normaler Lagerung, d. h. im normalen Liegenden der Buntsandsteinformation, die in ihrer oberen Abteilung, dem Röt, gleichfalls steinsalzführend ist. Von irgend einer anormalen Horstbildung, die man im Sinne LACHMANN's als »Ekzem« deuten könnte, ist auch hier keine Spur vorhanden.

Es werden dann ferner von FREBOLD auch noch die Schwere-messungen, die bekanntlich für das Leinetal ein Massendefizit ergeben haben, herangezogen und zugunsten der Ekzemtheorie gedeutet, indem das Massendefizit ohne weiteres als Folge eines Salzauslaugungsprozesses angesprochen wird. FREBOLD macht sich damit die schon von LACHMANN (2) geäußerte und verfochtene Ansicht zu eigen, daß der Leinetalgraben durch seinen Massendefekt eine Ausnahmestellung unter den tektonischen Gräben einnähme, für die angeblich Massenüberschüsse charakteristisch sein sollen, und deshalb als atektonischer Graben gewertet werden müßte. Diese Auffassung LACHMANN's von der geophysikalischen Eigenheit des Leinetalgrabens und überhaupt der mitteldeutschen Gräben, auf deren vermeintliche grundsätzliche Bedeutung besonders auch noch FRECH in einem Nachwort zu der nachgelassenen Arbeit LACHMANN's hinweist, ist aber durchaus unzutreffend und als Argument für die Ekzemtheorie unhaltbar. Denn in Wirklichkeit stellt nach den Messungen auch der Ober-rheintalgraben, der Typus der tektonischen Gräben auch nach Ansicht der Ekzemtheoretiker, im allgemeinen einen Massendefekt dar, wie das DEECKE (7) ausführlicher zeigt, ohne allerdings denselben als normale Erscheinung unserer Grabeneinbrüche zu bewerten. Erst KOSSMAT (8) scheint mir die Beziehungen der Schwereverteilung zum Bau unseres mitteldeutschen Gebirgslandes richtig gedeutet zu haben, indem er der postvaristischen Gebirgsbildung die maßgebende Bedeutung bei der Schwereverteilung zuschreibt. Danach sind bei den alten Faltengebirgen, wie dem Harz, an Stelle des durch die ursprüngliche Zusammenfaltung der Sedimenthülle hervorgerufenen Defizits infolge der späteren (saxonischen) Aufwölbung der dichten Untergrundmassen ausgesprochene Dichteschwellen entstanden, während die tektonischen Depressionen ganz allgemein, wie z. B. der Rheingraben, Leinegraben, Fränkische Mulde und Teile des nord-deutschen Flachlandes, Defizitgebiete darstellen aus dem einfachen Grunde, weil in ihnen die schwereren Gesteine erst in größerer Tiefe sich befinden. Auf diese Weise erklären sich die Schwereanomalien im Harz- und Leinegebiet nach der Darstellung und den Veröffentlichungen des Preuß. Geodätischen Instituts zu Potsdam (Heft 19, 1905).

Zu dem so beträchtlichen Unterschied in der Schwereverteilung zwischen Harz und Leinetal dürften außerdem auch noch die dem Gipskeuper, Röt und Zechstein angehörenden Salzlager des Leinetals als spez. leichtere Gesteinsmassen beitragen. Der Massendefekt im Leinetalgraben mag also in gewissem Grade durch die Zechsteinsalze mitbedingt sein, aber nicht im Sinne LACHMANN's und FREBOLD's, daß diese etwa aus ihrer bedeutenden Tiefe bis nahe unter Tage emporgestiegen seien und Veranlassung zu Auslaugung und Schollen-einbrüchen gegeben hätten.

Der Einfluß des tiefgelegenen, intakten Zechsteinsalzlagers im Leinetalgraben mag bei der Schwereverteilung um so stärker ins Gewicht fallen, als in dem nach dem Harz zu folgenden Gebiete des Eichsfeldes die Zechsteinsalze bekanntlich infolge nachträglicher Auslaugung fehlen (6). Dieses Gebiet ist also tatsächlich von einer recht umfangreichen Auslaugung betroffen, von einer Auslaugung, die jedoch mit irgendwelchen Ekzembildungen nichts zu tun hat, sondern eine einfache Folge des durch die Gebirgsbildung bedingten Zutagegehens der Salze am Harzrande gewesen ist, von dem aus die zerstörenden Tageswässer das Salzlager angegriffen haben (6). Auch auf den Spalten des Leinetalgrabens etwa zirkulierende Wässer sind dafür nicht verantwortlich zu machen, da bekanntlich die Auslaugung noch vor Beginn des Leinetalgrabens innerhalb des Buntsandsteingebietes des Eichsfeldes selbst nach und nach ausklingt, und entlang dem Ostrande des Leinetalgrabens noch eine durchaus intakte Salzzone vorhanden ist, auf der die Kaliwerke »Hindenburg«, »Reinhardsbrunn« und »Königshall« bauen.

Es bedarf schließlich noch der Richtigstellung eines letzten, besonders maßgebenden Argumentes im Sinne LACHMANN's, mit dem dieser Autor seine Theorie von der atektonischen Natur des Leinetalgrabens zu stützen sucht, während FREBOLD dieses bemerkenswerterweise nicht besonders erwähnt. LACHMANN glaubt nämlich erkannt zu haben, daß nach den oberflächlichen Lagerungsverhältnissen der Grabenbruchzone im Bereiche des Grauwacken-Zechsteinhorstes von Hundelshausen an der unteren Werra die Verwerfungen der Grabenscholle allein nur die Deckgebirgsschichten über dem ehemaligen Salzlager betroffen hätten und sich danach als Auslaugungsstörungen kennzeichneten, und daß die der jüngeren Trias angehörenden Deckgebirgsschichten selbst das — während ihrer Ablagerung als Ekzem emporschwebende — Salzlager, bzw. seine Überreste diskordant überlagerten (9).

Sowohl Herr Geheimrat BEYSLAG wie ich sind dieser Auffassung LACHMANN's bereits im Anschluß an einen von diesem vor der Deutschen Geologischen Gesellschaft im Dezember 1912 gehaltenen Vortrag »Ekzeme als geologische Chronometer« entgegengetreten und haben darauf hingewiesen, daß die vereinzelt jüngeren Triasgesteine, die sich in unmittelbarem Kontakt mit Schichten des Oberen und Mittleren Zechsteins befinden, nur als kleine tektonische Gräben oder als Ausfüllungen tektonischer Spalten anzu-

sehen seien (10), und daß speziell die recht günstigen Aufschlüsse an den Hängen des Gottesberges, auf die LACHMANN sich besonders stützt, zeigen, daß nicht etwa der Zechsteingips rings um den von Oberem Muschelkalk gekrönten Berg sich herumzieht, sondern der Mittlere Muschelkalk bis unten ins Tal herunterreicht und damit gegen den angrenzenden Zechsteingips verworfen erscheint. Eine volle Bestätigung dieser Beobachtungen hat dann inzwischen die durch zwei Bergbaubeflissene, JOSEPH (11) und KRÖSCHELL (12), im Maßstab 1 : 10 000 durchgeführte Kartierung des betreffenden Gebietes ergeben, nach der sämtliche jüngere Triasschollen an echte Verwerfungen gebunden sind, die über das alte Gebirge hinweg gleichsam eine Brücke von dem Göttinger Leinetalgraben nach seiner südlichen Fortsetzung, dem Lichtenauer Graben, schlagen.

Überdies beweist allein der Umstand, daß sich an dem Aufbau des Hundelshäuser Horstes auch die liegenden Schichten des vermeintlichen Ekzems, nämlich der salzfreie Untere Zechstein und die Kulm-grauwacke mitbeteiligen, die tektonische Aufpressung der Zechsteinschichten. Die Herren Ekzemtheoretiker legen ja ganz besonderen Wert auf die Frage, ob die Schichten im Liegenden an der Aufsattelung des Salzgebirges teilgenommen haben oder nicht. Nun in dieser Beziehung sprechen die Lagerungsformen des alten Gebirges bei Hundelshausen doch ganz entschieden gegen die Ekzemtheorie.

Jedenfalls dürfte nach alledem der Leinetalgraben wohl alles andere sein als ein »Schulbeispiel der Reihenekezeme«, zu dem er erst jüngst von einem anderen Anhänger der LACHMANN'schen Theorie erhoben worden ist (13), und ich hoffe mit meinen Ausführungen dazu beizutragen, daß der Göttinger Leinetalgraben auch trotz der »klassisch gewordenen Untersuchungen« LACHMANN's nach wie vor seine alte tektonische Rolle weiterspielt, in der wir Jünger der Göttinger Schule ihn bisher kennen gelernt haben. Damit entfallen aber auch alle Folgerungen, die man aus diesem angeblichen »Reihenekzem« auf die analog gebauten übrigen Gräben Mitteldeutschlands zieht, wie das z. B. in der schon erwähnten Arbeit von KINDERMANN über den Keupergraben des Ringgau's geschieht (13), dessen »Ekzem«, nach der sachlichen Begründung zu urteilen, auch nur in der Vorstellung des betreffenden Autors, aber nicht in Wirklichkeit existieren dürfte.

2. Über den Mechanismus der Grabenbildung des Leinetals

Nachdem ich im Vorstehenden die tektonische Natur des Leinetalgrabens dargelegt habe, möchte ich nunmehr die Frage erörtern, wie wir uns diese tektonische Entstehung des Leinetalgrabens im Rahmen der Gebirgsbildung des weiteren Gebietes vorzustellen haben. Damit berühre ich ein Problem von gewissermaßen grundsätzlicher Bedeutung, das in die in den letzten Jahren lebhaft diskutierte Streitfrage über die Entstehung unserer deutschen Mittelgebirge unmittelbar hineingreift. Bekanntlich stehen sich zwei Richtungen ziemlich schroff gegenüber, von denen die eine, die ältere, unser mesozoisches

Gebirgsland als ein echtes Schollengebirge ansieht, das in erster Linie unter dem Einfluß von Senkungsvorgängen entstanden ist, während die andere unter Führung von STILLE als maßgebenden Faktor bei der sogen. saxonischen Gebirgsbildung die durch horizontale Schubkräfte bewirkte Faltung und Aufwärtsbewegung der Schichten betrachtet. Besonders in seiner »Saxonischen Faltung« (14) hat m. E. STILLE zum ersten Male überzeugend nachgewiesen, daß in den tektonischen oder »orogenetischen« Phasen, in denen nach Ansicht der Anhänger der Schollentheorie die Senkungen gegenüber den großen Horsten eingetreten sein sollen, gerade umgekehrt der in Sättel und Mulden sich legende und dabei vielfach in Schollen zerreißende Inhalt der Sedimentationsbecken aufwärts gegenüber den präexistierenden alten Massen bewegt worden ist, nachdem in den vorhergehenden »epirogenetischen« Zeiten die Becken, die Geosynklinalen, mit fortschreitender Sedimentation allmählich sich zur Tiefe gesenkt hatten. Gerade diese scharfe Unterscheidung STILLE's zwischen orogenetischen und epigenetischen Vorgängen bringt in unsere Vorstellungen über die gebirgsbildenden Bewegungen der Erdkruste eine größere Klarheit (15).

Die STILLE'sche Theorie über die Faltung des deutschen Bodens hatte allerdings noch einen schwachen Punkt, den Herr LACHMANN (16) mit gewissem Scharfblick erkannte und als Gegenargument gegen STILLE's Ansicht zu verwerten suchte, das war nämlich der Widerspruch, der zwischen seiner theoretischen Auffassung und der graphischen Darstellung seiner Profile bestand. Es leuchtet ja ohne weiteres ein, daß die durch seitlichen Zusammenschub bewirkte Faltung eine Verkürzung des betreffenden Erdrindenteils zur Folge haben muß, während umgekehrt das durch zerrende Kräfte entstehende Schollengebirge einen größeren Raum als vorher einnimmt.

Nun sind in der Tat die Profile, die man früher im allgemeinen, auch STILLE konstruiert hat, nicht Pressungs-, sondern Dehnungsprofile, d. h. Profile, in denen die Störungen als normale Sprünge mit verworfenem Hangendflügel gezeichnet sind, so daß die Bewegung der Schollen entlang den Sprüngen notwendig zu einer Dehnung der Erdrinde führt. Diese Darstellung beruht nun sicherlich in der Mehrzahl der Fälle nicht auf wirklicher Beobachtung des Einfallens der Spalten, die eben an der Erdoberfläche nur selten möglich ist, sondern es handelt sich dabei um eine unter dem Einfluß der alten SÜSS'schen Senkungs- und Schollentheorie entstandene Gepflogenheit, die Horste im allgemeinen als stehengebliebene, die Gräben dagegen als zur Tiefe gesunkene Schollen der Erdrinde darzustellen und dementsprechend beide durch »hangendtieferen«, also unter den Gräben konvergierende Brüche voneinander zu trennen. Diese hangendtieferen Brüche aber bilden dort, wo sie vorherrschend auftreten, das Produkt zerrender Kräfte, das Kennzeichen des Schollengebirges und erscheinen zunächst mit der Faltungstheorie im Widerspruch.

Man ersieht hieraus, von welcher Bedeutung für die tektonische Wertung der Charakter der Schichtenverschiebungen ist. Ist die

STILLE'sche Theorie von der Faltung des deutschen Bodens richtig und sind die Sättel und Mulden nicht nur, wie andere meinen, unwesentliche Nebenerscheinungen von Senkungsvorgängen, sondern echte Formen einer Faltung, so müssen auch die sie begleitenden Störungen sich zum großen Teil als Überschiebungen, bzw. als inverse Verwerfungen, d. h. als Pressungsverwerfungen kennzeichnen, die gleich der Faltung ebenfalls eine Raumverkürzung zur Folge haben. Und in der Tat hat sich bei einer großen Zahl der maßgebenden streichenden Störungen vor allem auf Grund der in den letzten Jahrzehnten erzielten Tiefbohraufschlüsse ihr Überschiebungscharakter nachweisen lassen. Wegen ihrer grundsätzlichen Bedeutung auch für unser Leinetalgrabenproblem möchte ich die in Frage kommenden Störungen im einzelnen etwas näher behandeln.

Daß die alten Faltenkerne des Harzes und Thüringer Waldes längs hercynisch streichender Brüche bei der jüngeren, saxonischen Faltung auf die mesozoischen Schichten des Vorlandes hinaufgeschoben sind, ist ja eine altbekannte, geläufige Tatsache. Mit diesem Phänomen der jüngeren Faltung hängen aber auch analoge tektonische Erscheinungen zusammen, wie sie weiterhin im Vorlande der alten Rumpfe sich finden. So zweigen sich von der Südüberschiebung des Thüringer Waldes Nebenstörungen ab, an denen gleichfalls — nach den schon älteren Untersuchungen BÜCKING's — schmale Schollen von Zechstein und Unterem Buntsandstein auf jüngeren Buntsandstein und Wellenkalk überschoben sind (17). Auf der anderen Seite des Thüringer Waldes haben wir umgekehrt das grabenartige Auftreten jüngerer Schichten von Keuper und Lias inmitten der älteren Trias, den sogenannten Kreuzburger Liasgraben, der nun aber bemerkenswerterweise kein normaler Graben, sondern, wie NAUMANN (18) auf Grund verschiedener Aufschlüsse gezeigt hat, ein von nach unten divergierenden Spalten begrenzter Graben, also sozusagen ein Überschiebungsgraben ist, auf den das angrenzende ältere Triasgebirge von beiden Seiten hinaufgedrückt worden ist. Einen anderen bedeutenden hercynischen Graben stellt die Gotha-Eichenberger Störungszone dar, an der Aufschlüsse in der Gegend von Mihla und Treffurt nach NAUMANN (19) gleichfalls auf den Überschiebungscharakter eines großen Teils der maßgebenden Störungen hinweisen. Schließlich wäre aus dem thüringischen Gebiet noch die bekanntere Finnestörung zu nennen. Auch diese weithin aushaltende Störung oder besser Störungszone, die zwischen steil zusammengeschobenen Sätteln und Mulden der verschiedenen älteren Triasschichten verläuft, ist, wie schon früher KLOOS und an der Hand besserer Aufschlüsse neuerdings NAUMANN gezeigt haben, eine regelrechte Überschiebungszone, die sich in eine Reihe einzelner Überschiebungstaffeln auflöst (20).

Wir gehen dann über in das weitere Vorland des Harzes, wo durch eine Reihe älterer und neuerer Tiefbohrungen gleichfalls der Überschiebungscharakter verschiedener streichender Störungen nachgewiesen ist. So stellt sich nach Bohr- und Schachtaufschlüssen

der Salzgittersche Höhenzug als ein Sattel dar, dessen beide Flügel längs der Achse nicht aneinander abgesunken, sondern im Gegenteil aufeinander überschoben sind (21). Ein weiteres schönes Beispiel dieser Art bietet uns die große Antiklinale des Hildesheimer Waldes. Nach den Resultaten der von mir untersuchten Tiefbohrungen im Bereiche der Salzdetfurter Gerechtsame wird der östliche Teil des Hildesheimer Waldes im Nord- und Südflügel, sowie entlang der Sattelachse von Überschiebungen beherrscht, denen zufolge die eine Zechstein-Buntsandsteinscholle auf die andere, und zwar im einen Falle von N, im anderen von S her, also unter dem Einflusse zweiseitig wirkender Tangentialkräfte hinaufgedrückt worden ist (22).

Ganz analog liegen die Verhältnisse im mittleren Leinetal, also nördlich unserem Leinetalgraben. Die Untersuchungen von RENNER (23) haben die alte Ansicht von KLOOS bestätigt, daß von den beiden Leinetalflügeln, die hier den Gebirgsbau charakterisieren, der eine, und zwar der östliche, die Gronauer Kreidemulde, auf den westlichen, die Hilsmulde, überschoben ist, und haben außerdem ergeben, daß im tieferen Untergrunde des Leinetals noch eine dritte tektonische Scholle, aus Mittlerem Buntsandstein bestehend, vorhanden ist, auf die längs einer nur schwach geneigten Fläche das Zechsteinsalzgebirge des Westflügels hinaufgeschoben ist.

Dem ausgedehnten Buntsandsteinmassiv des Sollings und seinem jungtriassischen Vorland sind eine Reihe kleinerer Horste, aus älterem Buntsandstein und Zechstein bestehend, nämlich der Vogler, Homburgwald, Elfas und die Ahlsburg, vorgelagert, die auf Grund mehrerer Tiefbohrungen als Aufpressungshorste sich darstellen, die auf den Solling und sein Vorland hinaufgeschoben sind. Während die Bohrung am Rande des Voglers unter Unterem Buntsandstein infolge der Überschiebung Mittleren Buntsandstein antraf, der also geologisch dem anderen Flügel des Wesertals angehört, wurden die beiden Bohrungen an der Ahlsburg zunächst salzfündig und faßten erst unter dem Jüngeren Steinsalz bzw. Hauptanhydrit die Überschiebung und kamen dadurch von neuem wieder in Mittleren Buntsandstein. Das Einfallen der Überschiebungsspalte beträgt im Durchschnitt 40--45°. Wir kommen auf die Bedeutung dieser Überschiebung für das vorliegende Thema weiter unten noch zurück.

Ich verweise ferner auf die allen alten Göttingern bekannte Kleperspalte bei Göttingen, auf der östlichen Seite des Leinetalgrabens, einen schmalen, hercynisch gerichteten Keupergraben, der stets als ein echter Graben galt und als solcher allen Studierenden vorgeführt wurde, bis auch er nun in der letzten Zeit durch einen tieferen Aufschluß sein wahres Gesicht enthüllt hat. Auch er ist ein Überschiebungsgaben, an dem der angrenzende Mittlere Muschelkalk auf den Keuper längs einer nur um 35° geneigten Fläche überschoben ist (24).

Eine der wichtigsten Störungen am Nordostrande der Rheinischen Masse ist der sogenannte »Borlinghäuser Abbruch« STILLE's, der am Rande des Eggegebirges Schollen von Lias, Keuper und

Oberem Muschelkalk neben Röt und Wellenkalk legt und dann geger über der Teutoniahütte unter der transgredierenden Kreide verschwindet. Daß an diesem »Senkungsfelde« in Wirklichkeit nun aber auch eine Zusammenpressung der Schichten stattgefunden hat, zeigt ein neuerer Aufschluß, nach dem längs der einen Randspalte die jüngeren Schichten unter die älteren schräg in den Berg einfallen (24). Aus dem nördlichen Teil des Teutoburger Waldes, dem Osning, kennen wir schon seit längerer Zeit die von STILLE des Näheren geschilderte Osningüberschiebung (25), an der die vielfach stark gestauchte und in einzelne Falten gelegte Trias auf die gleichfalls steil aufgerichtete Kreide und den unterlagernden Jura hinaufgedrückt worden ist, und eine zweite Überschiebung an diesem Osning-Sattel hat nun erst in jüngster Zeit eine auf Kalisalze bei Niederbarkhausen niedergebrachte Bohrung im tieferen Untergrunde festgestellt, der zufolge der dem Nordflügel bei Niederbarkhausen eingeklemmte Liasgraben kein eigentlicher Zerrgraben (nach der früheren Deutung STILLE's) ist, vielmehr einen »Staffelgraben« darstellt, der von gleichsinnig gerichteten Spalten, einer normalen und einer widersinnig einfallenden Verwerfungsspalte begrenzt wird¹⁾; infolge ihres gleichsinnigen, nordwärts gerichteten Einfallens sind beide Grabenrandspalten von der nördlich gelegenen Bohrung gefaßt, und zwar die eine als Überschiebung zwischen Röt und Gipskeuper, die andere als normale Verwerfung zwischen dem zum zweiten Male auftretenden Röt und Unterem Buntsandstein. Schließlich wäre dann noch die Ibbenbürener Bergplatte zu nennen, an der HAARMANN (26) auf Grund der bergbaulichen Aufschlüsse festgestellt hat, daß die Mehrzahl der Randverwerfungen dieses Horstes ebenfalls dem Gebirge zufallen, also Überschiebungen oder »hangendhöhere« Verwerfungen, wie HAARMANN sie nennt, darstellen.

Ich glaube, daß diese Beispiele genügen dürften, um die maßgebende Bedeutung der Überschiebungen oder inversen Verwerfungen in unserem Bruchfaltengebirge darzutun. Im Gegensatz zu der früheren Gepflogenheit, im allgemeinen Dehnungsprofile zu zeichnen, könnte man ja nun als Anhänger der Faltungstheorie leicht in Versuchung kommen, genau umgekehrt zu verfahren und die Brüche grundsätzlich als Überschiebungen oder hangendhöhere Verwerfungen darzustellen. Nichts wäre aber verkehrter, als in dieses andere Extrem zu verfallen. Denn trotz der Faltung oder gerade infolge der Faltung werden sich an gewissen Stellen auch anderseits Zugspannungen geltend machen, die notwendigerweise zu normalen Verwerfungen führen. So hat mit Recht bereits HAARMANN (27) auf die

¹⁾ Die frühere Auffassung STILLE's, daß die sogenannte »Haßbergversenkung« des Osning-Nordflügels ein Zerrgraben sei, hervorgerufen durch die tiefe Absenkung des Südfügels, erfährt also durch das neuere Bohrerergebnis eine Berichtigung. Wenn wir uns heute — gerade der STILLE'schen Faltungstheorie zufolge — auf den Standpunkt stellen, daß weniger der Südfügel gesunken als der Nordflügel gehoben und damit überschoben ist, so erscheint auch die Überschiebung der »Haßbergversenkung« durchaus verständlich.

Entstehung echter Quersprünge als naturgemäße Begleiterscheinung der verschieden starken Aufpressung und Aufrichtung der einzelnen Faltenteile und des dadurch hervorgerufenen Raumüberschusses hingewiesen, und die tatsächlichen Beobachtungen KÖHLERS's (28) und QUIRING's (29) in den Grubenaufschlüssen des westfälischen Steinkohlenbezirkes, nach denen dort die Sprünge fast ausschließlich in der varistischen Druckrichtung auftreten, bestätigen diese Auffassung. Aber auch in der streichenden Richtung wird die Faltung vielfach eine Dehnung der Schichten zur Folge haben, nämlich dort, wo an Stelle der Druckspannung plötzliche Druckentlastung der stark vorgewölbten Rindenteile eintritt. Das ist besonders in den Achsenregionen der Sättel oder, wenn wir uns der STILLE'schen Terminologie bedienen wollen, in den »supramarginalen« Zonen (24) der über die Rahmen der alten Massen hinausgehobenen Falten der Fall, die infolge ihrer starken Auftreibung einen größeren Raum einzunehmen genötigt sind und damit Zugspannungen zur Folge haben müssen. Auf diese Weise können dann im Bereiche der stark aufgepreßten Falten leicht klaffende Spalten entstehen, in die Gebirgsschichten von oben her einsinken. Als derartige typische »Zerrgräben« möchte ich z. B. die schmalen Muschelkalk- und Tertiärgräben deuten, die in größerer Anzahl das Buntsandsteingewölbe des Sollings durchziehen.

Von diesen naturgemäß im allgemeinen durch geringere Dimensionen ausgezeichneten Zerrgräben sind aber grundsätzlich zu unterscheiden die größeren Muldengräben, die, wenn auch durch Brüche stark modifiziert, durchaus selbständige Formen der Faltung bilden und danach nicht Erzeugnisse reiner Zerrung sein können. Ein solcher Muldengraben ist unser Leinetalgraben, der im Grunde genommen eine durch Längs- und Querverwerfungen zerrissene Mulde zwischen dem Faltenkern des Harzes und dem Sollingsattel im W darstellt und dessen Entstehung ja auch bisher nach dem Vorgange v. KOENEN's ganz allgemein in Zusammenhang mit der — in der kimmerischen Phase einsetzenden — Aufrichtung des Harzes gebracht wird.

Wir wollen uns nun zur Klärung des Leinetalgraben-Problems mit derjenigen Partie des Grabens etwas eingehender befassen, in der uns einige Tiefbohrungen wertvolle Aufschlüsse über das Verhalten der Störungen geben. Das ist das durch die Orte Nörten-Northeim-Moringen näher bezeichnete Übergangsgebiet zwischen dem Leinetalgraben und dem Einbeck-Markoldendorfer Becken, das tektonisch hauptsächlich durch die stark zerstückelten Aufpressungshorste von Muschelkalk als Ausläufer der Ahlsburgachse inmitten der beiderseits verworfenen Keuper- und Liasschollen des Grabens charakterisiert wird (vergl. hierzu die geolog. Blätter der Lief. 71, 91 u. 127 Northeim, Moringen, Einbeck, Dassel, Lauenberg).

Im östlichen Teil des Grabens bei Sudheim befindet sich die oben bereits behandelte Tiefbohrung Sudheim II, die bei 837,5 m Teufe zwischen dem Röt und Zechstein unter Ausfall des gesamten Mitt-

leren und Unteren Buntsandsteins, also bei einer Sprunghöhe von ca. 750 m die östliche Haupttrandspalte des Grabens gefaßt und damit festgestellt hat, daß der Graben an seiner Ostseite durch einen normalen, um ca. 40° westwärts einfallenden Sprung begrenzt wird. Würden wir vom Standpunkte der Schollentheorie den Graben als echten Zerrgraben deuten und zeichnen, d. h. der gegenüberliegenden, den Graben vom westlichen Muschelkalkhorst des Ahlsburgzuges abschneidenden Spalte ein ähnliches, aber entgegengesetztes Einfallen geben, so würden wir das Bild eines Keilgrabens erhalten, wie ihn die Fig. 1 darstellt, an dem die beiden konvergent verlaufenden Grabenspalten so früh zum Schnitt kommen, daß die Grabenscholle sich bereits im Bereiche des Unteren Buntsandsteins schließt. Um den Grad der Zerrung festzustellen, denken wir uns z. B. die Grenzschicht von so/sm innerhalb des Grabens in ihre ursprüngliche Lage vor dem Grabeneinbruch zurückverschoben und wir erkennen,

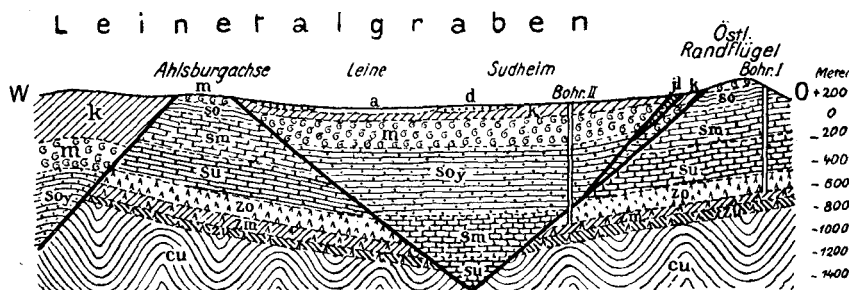


Fig. 1. Der Leinetalgraben zwischen Nörten und Northeim, als Keilgraben aufgelöst.
Maßstab 1 : 50000.

a Alluvium	so Röt	zo Oberer Zechstein (Salz- lager)
d Diluvium	soy Röt mit Anhydrit und Steinsalz	zm Mittlerer Zechstein
jl Lias	sm Mittlerer Buntsandstein	zu Unterer Zechstein
k Keuper	su Unterer Buntsandstein	cu Palaeozoicum
m Muschelkalk		

daß die Flügel des Grabens um etwa die Länge dieser Grenzschicht auseinander gezerzt sein müssen, daß mit anderen Worten die Erd-rinde an dieser Stelle eine Dehnung um 50 % erfahren haben mußte. Nach allen unseren Erfahrungen — ich verweise z. B. auf die Arbeit QUIRING's über die durch die varistischen Querverwerfungen bewirkte Schollenbildung in den westfälischen und oberschlesischen Kohlenrevieren, nach der der höchste Zerrungskoeffizient in diesen Gebieten 12 % beträgt (29) — darf eine derartige Zerrung als ausgeschlossen gelten, auch dann noch, wenn wir etwa auf der Westseite des Grabens ein saigeres Einfallen der Randspalte annehmen und die Zerrung auf die Ostseite beschränkt sein lassen, die dann immer noch 25 % betragen würde. Ist schon ein solches Ausmaß von Zerrung an sich selbst in einem ausgesprochenen Schollen-gebirge durchaus unwahrscheinlich, so widerspricht es vollends der allgemeinen Faltungstendenz, wie sie gerade für unser Leinegebiet

angenommen werden muß und in der Aufrichtung und Gegeneinanderbewegung der alten Massen, der »Rahmen«, des Harzes im O und des Rheinischen Schiefergebirges im W ihren sicheren Ausdruck findet. Überdies sprechen aber auch noch andere bestimmte geologische Tatsachen dagegen, auf die ich gleich noch näher eingehen werde.

Eine andere Frage ist es, ob nicht der durch Konvergenz der Randspalten zustande kommende Keilgraben, wie er in Fig. 1 gezeichnet ist, vielleicht im Sinne von CLOOS zu erklären ist, d. h. eine Art Sprungkreuzung darstellt, bei der es sich um alternierende Bewegungen entlang den Randspalten und damit um einen Verwurf der einen Randstörung durch die andere handelt¹⁾. Eine solche Erklärung würde naturgemäß ein verschiedenes Alter der beiden Randstörungen zur Voraussetzung haben, wofür aber jeder Anhaltspunkt fehlt, ganz abgesehen davon, daß solche einfachen Hebungs- und Senkungsvorgänge, von denen in diesem Falle sowohl die Graben-

¹⁾ Die mit solchen Sprungkreuzungen operierende Cloos'sche Theorie von der Entstehung schmaler Störungszonen infolge alternierender Bewegungen der großen Schichttafeln (30) gründet sich vor allem auf die am Rande unserer mitteldeutschen Gräben vielfach auftretenden kleinen Horste älterer Gesteine, wie z. B. Zechstein, die bei dem Auf und Nieder der Tafeln als Grenzstreifen stehen geblieben sein sollen. So bestechend diese Theorie auf den ersten Blick erscheint, so lassen sich doch eine ganze Reihe geologischer Tatsachen dagegen ins Feld führen, wie das bereits STILLE (Hebung und Faltung im sogenannten Schollengebirge, a. a. O. S. 281) getan hat. Ich möchte zu dieser Frage auf einschlägige Verhältnisse hinweisen, die ich am Falkenhagener Liasgraben (zwischen Weser und Teutoburger Wald) beobachtet habe und die mit der Cloos'schen Ansicht gleichfalls nicht in Einklang zu bringen sind. Auch im Verlauf der Bruchzone des Falkenhagener Liasgrabens treten bisweilen zwischen Keuper und Lias kleine Schollen älterer Muschelkalkgesteine horstartig hervor, die in einem Falle besonders gut aufgeschlossen sind. Man sieht dort, daß der Wellenkalk stark gestaucht und gefaltet ist, während der Trochitenkalk senkrecht zur Schichtung in lauter einzelne dünne Platten zerspalten ist, eine für den massigen Trochitenkalk ganz ungewöhnliche Erscheinung, die auf besonders starken Druck hinweist und dafür spricht, daß diese Muschelkalkschollen durch eine faltende Kraft stark emporgedrückt sein müssen. Noch instruktiver für diese Frage scheint mir ein anderer Horst zu sein, der die unmittelbare Fortsetzung eines anderen Einzelgrabens der Falkenhagener Bruchzone bildet. Der betreffende Liasgraben spitzt sich keilförmig zu und läuft aus, und an seine Stelle tritt im Fortstreichen inmitten des umgebenden Gipskeupers nunmehr ein schmaler Horst, aus stark zerstückelten Schollen von Mittlerem und Oberem Muschelkalk und Unterem Keuper bestehend. Der Horst wird aber nicht in seinem ganzen Verlaufe etwa von Brüchen gegen den beiderseitigen Schichttafeln bildenden und dabei leicht aufgesattelten Gipskeuper begrenzt, vielmehr bildet der Untere Keuper streckenweise das normal Liegende des Gipskeupers und erscheint damit als der natürliche Kern eines durch Aufwölbung zustande gekommenen flachen Sattels, der an anderen Stellen bei sich steigendem Druck stärker vorangeilt ist, sich von den Flanken losgerissen hat und damit zu einem beiderseits von Verwerfungen begrenzten »Aufpressungshorst« geworden ist. Wir sehen nach alledem die bewußten Horste am Falkenhagener Liasgraben unter Verhältnissen auftreten, die mit der Cloos'schen Theorie nicht vereinbar sind und sich am ehesten durch Faltungsdruck in ungezwungener Weise erklären lassen. In diesem Zusammenhange seien auch noch die in dem benachbarten Wesertal sporadisch auftretenden Faltungen des Wellenkalks besonders erwähnt, die an den sonst gleichmäßig gelagerten Weserklippen gelegentlich zu beobachten sind (vergl. Taf. I der Erläuterungen des Bl. Ottenstein) und die auch ihrerseits auf einen starken Lateraldruck hinweisen, unter dem die ganze Gebirgsscholle gestanden haben muß.

schollen wie die aufgesattelten (!) randlichen Flügel in gleicher Weise betroffen sein müßten, unvereinbar sind mit der horizontalen Schubbewegung, wie wir sie gerade für dieses Gebiet zwischen Harz und Rheinischem Schiefergebirge annehmen müssen. Wie oben schon dargestellt, betrachte ich jedenfalls den Leinetalgraben als eine durch mannigfache Lagerungsstörungen stark modifizierte Mulde, die von Haus aus von durchaus einheitlicher Entstehung, nicht aber zunächst einseitig abgesunken ist, um dann durch später einsetzende Brüche erst die Form eines Keilgrabens zu erhalten. Das schließt natürlich nicht aus, daß im Verlaufe der zunächst einheitlich angelegten Leinetalstörungen unter der Einwirkung der jüngeren tektonischen Phasen der saxo-nischen Gebirgsbildung die posthume Bewegungen sich mehr ungleichmäßig vollzogen haben können.

Wir halten also daran fest, daß eine auch nur auf die Ostseite des Leinetalgrabens beschränkte Zerrung von 25 ‰, wie sie sich aus dem durch die Bohrung Sudheim II ermittelten flachen Einfallen der Randverwerfung ergibt, eine Unmöglichkeit ist, und werden zu der Annahme gedrängt, daß diese Zerrung durch eine Pressung auf der anderen Seite des Grabens einigermaßen kompensiert werden muß, daß also die westliche Randspalte an der Ahlsburgachse ein gleichsinniges Einfallen besitzen und damit eine inverse Verwerfung oder Überschiebung darstellen muß. Wir kämen auf diese Weise zu der Auffassung eines »Staffelgrabens«, wie er in Fig. 2 gezeichnet ist¹⁾ und wie er z. B. dem durch die Tiefbohrung Niederbarkhausen nachgewiesenen Staffelgraben des Osningsattels entspricht (vergl. S. 606).

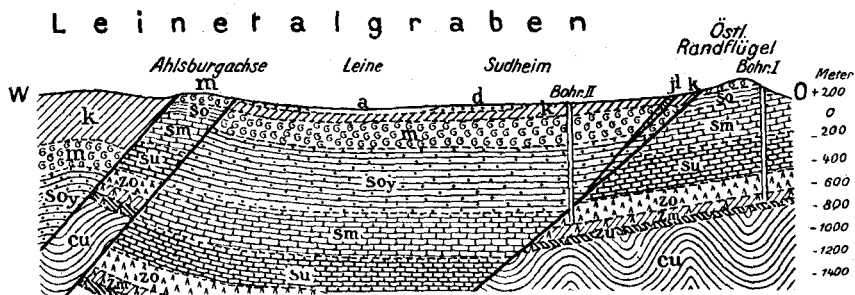


Fig. 2. Der Leinetalgraben zwischen Nörten und Northeim, als Staffelgraben aufgefaßt.

Maßstab 1 : 50 000.

a Alluvium	so Röt	zo Oberer Zechstein (Salz-
d Diluvium	soy Röt mit Anhydrit und	lager)
jl Lias	Steinsalz	zm Mittlerer Zechstein
k Keuper	sm Mittlerer Buntsandstein	zu Unterer Zechstein
m Muschelkalk	su Unterer Buntsandstein	cu Palaeozoicum

¹⁾ Es ist nicht ausgeschlossen, daß der durch die Quartärbildungen des Leinetals in größerer Ausdehnung verhüllte Gebirgsbau des Grabens in Wirklichkeit noch komplizierter ist, was aber an der grundsätzlichen Auffassung von dem in den Profilen zur Darstellung gebrachten Verhalten der Hauptspalten nichts ändern würde.

Gibt es nun ganz abgesehen von den oben bereits angestellten allgemeinen theoretischen Erwägungen über die Faltung und ihre Folgeerscheinungen für diese Auffassung des Leinetalgrabens als Staffelgraben, d. h. für das gemeinsame Auftreten normaler und inverser Verwerfungen speziell im Gebiete des Leinetalgrabens irgendwelche positiven Anhaltspunkte? Ich glaube diese Frage bejahen zu können und verweise zunächst auf die oben schon erwähnte Kleperspalte, die bislang immer als ein typischer Keupergraben angesehen wurde, die aber nach einem neuerdings entstandenen Aufschluß durch eine Überschiebung zustande gekommen ist, indem nämlich der angrenzende Mittlere Muschelkalk längs einer unter ca. 35° einfallenden Fläche auf den Keuper des »Grabens« überschoben ist. Also unweit der östlichen Randverwerfung, die weiter im N nach dem Aufschluß der Tiefbohrung Sudheim II ein normaler Sprung ist, eine flache Überschiebung, die ohne Zweifel eine lateral wirkende Kraft voraussetzt.

Ein noch instruktiveres Beispiel speziell für das näher behandelte nördliche Gebiet des Leinetalgrabens bildet dann aber der Aufpressungshorst der Ahlsburg, der nach den oben erwähnten beiden Tiefbohrungen längs einer um ca. $40-45^{\circ}$ einfallenden Spalte auf die jüngere Trias überschoben ist. Diese aus Keuper und Oberem Muschelkalk bestehende jüngere Trias bildet aber ein grabenförmiges Senkungsfeld zwischen dem Buntsandstein der Ahlsburg und der älteren Trias der Sollingvorhöhen und damit zugleich das hercynisch gerichtete Ende des westlichen Teils des Leinetalgrabens oder auch des Leinetalgrabens im engeren Sinne, der also hier nachweisbar auf der einen Seite von einer Überschiebungsspalte begrenzt wird. Es ist ferner bemerkenswert, daß dieser Randbruch in seinem weiteren Verlaufe seinen Charakter ändert und aus einer widersinnig einfallenden Verwerfung zu einer normalen wird. Denn während die östliche der beiden Bohrungen der Ahlsburg — an der Stennebergsmühle gelegen — noch ein widersinniges Einfallen der Verwerfung von ca. 45° festgestellt hat, ist eine nur etwa 3 km nach dem Leinetal zu entfernte dritte Bohrung am Ziegenberg östlich Moringen, obwohl fast auf der Grenze zwischen Horst und Graben angesetzt, bis zu ihrer Endteufe von 850 m immer in den älteren Schichten des Horstes (Buntsandstein und Zechstein) verblieben und läßt darauf schließen, daß die Randverwerfung nunmehr ein westliches Einfallen besitzt, also ein normaler Sprung ist.

Wir dürfen danach annehmen, daß dann auch der Horst in seiner südlichen Fortsetzung, d. h. der Muschelkalkzug innerhalb des in den Fig. 1 und 2 dargestellten Leinetalgrabens auf seiner Westseite von einer normalen Verwerfung begrenzt wird, und wir kämen auch von diesem Gesichtspunkte aus zu der Auffassung des gleichsinnigen Einfallens sämtlicher Spalten oder, was dasselbe besagt, des Überschiebungscharakters der mittleren Spalte (vergl. Fig. 2). Denn es leuchtet ohne weiteres ein, daß gegenüber dem ausgedehnten, flach gewölbten Massiv des Sollings der in seinem Umfang sehr

beschränkte Zechstein-Buntsandsteinhorst der Ahlsburg die besonders stark und in aufwärtigem Sinne bewegte Scholle gewesen sein dürfte und daß eine gleiche Aufpressung auch der Muschelkalkhorst des Leinetalgrabens erfahren haben muß, worauf übrigens für diesen ganz besonders die arge Zerstückelung seiner Schichten hinweist. Ein solcher Vorgang ist aber nur längs einer schräg einfallenden Überschiebungsfläche gut vorstellbar, die ja an der Ahlsburg selbst nachweisbar vorhanden ist, und da die westliche Randspalte des Muschelkalkhorstes — der oben erwähnten Bohrung am Ziegenberg zufolge — ein normaler Sprung ist, so müßte der östliche Randbruch die Überschiebungsfläche abgeben, und es ergäbe sich auch hieraus die Deutung des Leinetalgrabens in seinem östlichen Teil als Staffelgraben.

Allerdings sind die Überschiebungen des »Aufpressungshorstes« auf die Grabenscholle in wechselndem Sinne erfolgt. Während nämlich die Ahlsburg längs einer nordöstlich einfallenden Fläche, also durch eine aus nordöstlicher Richtung wirkende Kraft bewegt worden ist, ist der Schub bei dem Muschelkalkhorst des Leinetalgrabens aus westlicher Richtung gekommen. Jedoch ist diese Erscheinung nicht weiter absonderlich. Wenn wir auch für manche Gebiete einseitige, z. B. aus südlicher Richtung kommende Schübe glauben annehmen zu müssen, so ist doch für andere Gebiete hinwiederum die wechselseitige Wirkung der gebirgsbildenden Kräfte unverkennbar. An der Ibbenbürener Bergplatte, am Osning und Wiehengebirge hat z. B. HAARMANN (26) die Erscheinungen solch zweiseitigen Druckes festgestellt; ein anderes instruktives Beispiel bildet der Sattel des Hildesheimer Waldes, der nach den Resultaten verschiedener Tiefbohrungen in einzelne streichende Schollen zerfällt, die im einen Falle von S, im anderen Falle von N her aufeinander überschoben sind (22), und aus der unmittelbaren Nähe unseres Leinetalgrabens wäre der nördlich angrenzende Leinetalsattel bei Freden-Alfeld zu nennen, an dem nach RENNER (23) die beiden Flügel gleichfalls einen wechselseitigen Schub erfahren haben.

Inwieweit die von uns angenommene Staffelbildung auch im übrigen den Leinetalgraben beherrscht, in welcher Weise die in seinem nördlichen Teil ermittelten normalen und inversen Verwerfungen oder Überschiebungen in ihrem weiteren südlichen Verlaufe sich verhalten, ob sie ihren Charakter beibehalten oder nicht, bedarf weiterer Untersuchungen, die allerdings nur auf Grund günstiger Aufschlüsse zu machen sind. Die bereits behandelte Überschiebung an der Kleperspalte bei Göttingen könnte vielleicht dafür sprechen, daß hier auch die Haupttrandspalte des Grabens — an Stelle der normalen Verwerfung im nördlichen Teil — eine Überschiebung darstellt. Von den die westliche Randbruchzone des Leinetalgrabens (im weiteren Sinne) bildenden Störungen, die im allgemeinen nur geringe Sprunghöhen besitzen, ist eine solche im Hardegser Bahneinschnitt östlich Hardegens aufgedeckt und kennzeichnet sich als normalen Sprung zwischen Mittlerem Muschelkalk und Ceratitenschichten bei einer Verwurfshöhe von 20—25 m, der also an dieser Stelle zu einer wenn

auch unwesentlichen Dehnung der Erdscholle geführt hat. Daß aber gleichwohl in dieser Randpartie des Leinetalgrabens in der Hauptsache eine Kompression der Schichten stattgefunden hat, zeigt der Aufschluß des an der südlichen Seite des Bahneinschnittes gelegenen Wellenkalksteinbruches der Hardegser Zementwerke. In diesem Steinbruch ist der Wellenkalk von einer derartigen Faltung und Durcheinanderfaltung betroffen, daß die Schichten auf mindestens die Hälfte des ursprünglichen Raumes zusammengepreßt sind, während dazwischen auftretende Verwerfungen saiger fallen. Die folgende Fig. 3,



Fig. 3. Stark gefalteter Wellenkalk im Steinbruch der Hardegser Zementwerke.

in der eine Partie aus der westlichen Wand des Steinbruches abgebildet ist, möge diese Verhältnisse veranschaulichen. Auch die in der Nähe des Steinbruches zu beobachtende fast horizontale Auflagerung von Keuperschichten auf Mittlerem Muschelkalk im Bereiche eines schmalen Keuper-»Grabens«, von dem infolge des Abbaus zurzeit nur noch ein kleiner Rest vorhanden ist, kann nur durch eine lateral wirkende Schubkraft zustande gekommen sein. Derartige intensive Faltungserscheinungen, die geradezu an alpine Verhältnisse erinnern, sind m. E. bei Zerrungsvorgängen und Zerrgrabenbildungen undenkbar.

Vielleicht bilden daneben vorhandene normale Dehnungsverwerfungen, wie eine solche von wenn auch geringer Wirkung im Hardegser Bahneinschnitt aufgeschlossen ist, einen gewissen Ausgleich, eine Art Reaktion gegenüber der in der intensiven Faltung des Wellenkalkes zum Ausdruck kommenden allzu starken Kompression des Gebirges, und an anderen Stellen, an denen die Schichten weniger gefaltet worden sind, ist der Faltungsdruck dafür in regelrechten Überschiebungen zur Auslösung gekommen.

Wenn wir auch in dem gemeinsamen Auftreten normaler und inverser Verwerfungen an derartigen Muldengräben wie dem Leinetalgraben eine bestimmte Gesetzmäßigkeit noch nicht zu erkennen vermögen, so kann doch an dem Vorhandensein derselben an sich nicht gezweifelt werden. Letzten Endes stellen ja alle unsere mittel-deutschen Gräben, soweit sie einseitig durch normale Randverwerfungen begrenzt und auf der gegenüberliegenden Seite flexurartig, wie man zu sagen pflegt, mit dem seitlichen Horst verbunden sind, einen solchen Typ dar, bei dem auf der einen Seite Zerrung und Raumvergrößerung, auf der anderen Pressung und Raumverkürzung vorliegt. Der für den störungslosen Zusammenhang des Grabens mit dem Flügel gewohnheitsgemäß angewandte Ausdruck »Flexur« ist allerdings wenig glücklich gewählt. Denn eine Flexur ist normalerweise eine durch örtliche Auseinanderzerrung der Schichten zustande gekommene Kniefalte, für die besonders die Herausbildung eines Zwischenschenkels charakteristisch ist, während es sich bei der bruchlosen Randzone unserer Gräben, soweit sie in dieser Form einseitig ausgebildet sind, um nichts weiter als um einen einfachen Muldenschenkel handelt, in dem sämtliche Schichten gleichmäßig aufgerichtet sind und damit umgekehrt eine Raumverkürzung der betreffenden Scholle bewirken.

Über diese Verknüpfung von Faltungs- und Zerrungserscheinungen an ein und demselben Graben habe ich in den letzten Jahren ebenfalls am Falkenhagener Liasgraben interessante Beobachtungen gemacht, der sich zwischen dem Pyrmonter Sattel im N und der Brakeler Muschelkalkschwelle im S als ein durch Brüche stark zerrissener Muldengraben einschaltet und im Bereiche seiner größten Ausdehnung bei Falkenhagen sich inmitten des umgebenden Keupergebirges in eine Reihe von Einzelgräben zersplittert. An zwei solchen Gräben ließ sich nun auch hier ein normales Einfallen der Randspalten von 40° ermitteln, während auf der andern Seite die stärker geneigt liegenden Keuperschichten der Randhöhe den Lias regelmäßig unterlagern und dabei in einem Falle von einer deutlichen, durch ihr bogenförmiges Einspringen am Berghange kenntlichen Überschiebung zwischen Rät und Schilfsandstein unterbrochen werden, deren Entstehung also durchaus im Einklang mit dem auf dieser Seite herrschenden Zusammenschub der Schichten steht. Hierbei seien auch nochmals die im Verlaufe der Störungen des Falkenhagener Grabens gelegentlich auftretenden kleinen Aufpressungshorste älterer Triasschichten erwähnt, die gemäß den obigen Darlegungen nur durch Faltungsdruck sich erklären lassen.

Auch am Oberrheintalgraben, den ich in diesem Zusammenhange zum Schluß noch kurz anführen möchte, könnten vielleicht die Verhältnisse ähnlich liegen. Bekanntlich vertritt SALOMON in Anlehnung an frühere Arbeiten ANDREAE's schon seit längerer Zeit die Auffassung von der Überschiebung der beiden Horste des Schwarzwaldes und der Vogesen auf den Rheintalgraben längs divergierender Grabenrandspalten, und er kann diese Ansicht stützen einmal durch das Ergebnis einer Bohrung am östlich benachbarten Eberbachgraben, welche den Überschiebungscharakter der einen Grabenrandspalte festgestellt hat (31 u. 32), zum andern durch die in den letzten Jahren von seinen Schülern vorgenommenen Untersuchungen und Messungen der die östlichen Randgebirge des Rheintalgrabens durchsetzenden Klüfte und Harnische, die ebenfalls vielfach ein Vorherrschen der gebirgswärts fallenden Klüfte, sowie der horizontalen Rutschstreifen der Harnische ergeben haben (33 u. 34). Andererseits liegen aber ebenso zweifelloso Beobachtungen zumal auf der linken Rheinseite über das Auftreten echter, talwärts fallender Verwerfungen vor (35—37). Man wird daher unwillkürlich zu der Vermutung geführt, daß die tektonische Form des Staffelgrabens auch am Oberrheintalgraben eine gewisse Rolle spielt, wodurch die bisher bestehenden Widersprüche ihre einfachste Lösung finden würden, und ich möchte wenigstens auf die Möglichkeit dieser Erklärung hingewiesen haben¹⁾. Daß außerdem im Oberrheintalgebiete auch echte Keilgräben mit konvergierenden Randspalten auftreten, wie sie z. B. BUXTORF (38) für den Tafeljura annimmt als Folgeerscheinung eines südlichen Druckes, sei dabei unbestritten.

Die tektonische Form des Staffelgrabens, sowie der Mechanismus des diese Form veranlassenden Vorganges erscheinen m. E. auch vom Standpunkte der Faltungstheorie durchaus natürlich und verständlich. Die Muldengräben, wie der Leinetalgraben, sind danach keine Gräben im früheren Sinne des Wortes, die an stehengebliebenen Horsten zur Tiefe gesunken sind, sondern sie sind Teile zerrissener Falten, die in ihrem ganzen Umfange eine Bewegung, und zwar eine Aufwärtsbewegung erfahren haben. Nicht nur der Leinetalgraben, sondern auch der angrenzende Sollingsattel und im O das Eichsfeld und weiterhin natürlich auch der Harz sind bei dieser »orogenetischen« Phase gefaltet und gehoben und dabei in einzelne Schollen zerstückelt, die ihren ursprünglichen Zusammenhang ver-

¹⁾ Während der Drucklegung dieser Arbeit erscheint ein Aufsatz von E. WEBER »Zum Problem der Grabenbildung« (Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1921, S. 238 ff.), auf den ich nur kurz Bezug nehmen kann. Von den Verhältnissen des Oberrheintalgrabens ausgehend, möchte WEBER die deutschen Gräben ganz allgemein als »Quergräben« in ursächlichen Zusammenhang mit der Alpenfaltung bringen. Scheint mir schon in Rücksicht auf die regionale Verbreitung unserer Gräben der Einfluß der alpinen Faltung dabei allzusehr überschätzt zu sein, so trifft die Deutung WEBER's auf die mitteldeutschen Gräben, speziell den Leinetalgraben schon aus dem Grunde nicht zu, weil diese ja bekanntlich in ihrer maßgebenden Form bereits bei den vortertiären Phasen der saxonischen Gebirgsbildung entstanden sind, während die Hauptfaltung der Alpen erst im Miocän einsetzt. Diesen für die Frage entscheidenden Altersunterschied hat WEBER nicht berücksichtigt.

loren und sich gegeneinander in wechselndem Ausmaße verschoben haben; von den Schollen des weiteren Leinetalgebietes blieb relativ am weitesten die Scholle des Leinetalgrabens zurück, während am stärksten die Ahlsburg mit ihrem Zechstein und älterem Buntsandstein gehoben wurde. Die starke Zerstückelung, die bei diesem Faltungsvorgange sowohl die Scholle des Leinetalgrabens wie in gewissen Teilen auch die Scholle des Ahlsburgzuges erlitten, dürfte darin ihren Grund haben, daß diese gegenüber den breiten Tafeln und Sätteln des Eichsfeldes und Sollings als verhältnismäßig schmale Faltenteile ein- und vorgestülpt wurden und als solche den Druck auszuhalten hatten. Man könnte danach auch wohl für diesen nördlichen Teil des Leinetalgrabens von einer Verknüpfung des Dejektiv- und Ejektiv-Typus der STILLE'schen Injektivfaltung sprechen, die ja sonst einerseits als niederhessische Gräben, zu denen auch unser Leinetalgraben seiner Form nach gehört, andererseits als nordhannoversche Horste (Salzhorste) räumlich durchaus voneinander getrennt sind.

Bei dieser Zerreißung der Falten in einzelne Schollen kann es — nach Art der Ahlsburg-Überschiebung — zu Überschiebungen der einen auf die andere Scholle kommen, es können sich umgekehrt in den besonders aufgewölbten Faltenteilen infolge der dadurch bedingten Lockerung und Dehnung des Gebirges Zerrspalten und Zerrgräben bilden, zu denen ich z. B. die Sollinggräben rechnen möchte, es können ebenso gut aber auch, wie wir es eben für unseren Leinetalgraben annehmen, parallel oder wenigstens gleichsinnig begrenzte, verhältnismäßig schmale Schollenstreifen entstehen, die auf der einen Seite einen normalen, auf der anderen einen widersinnig einfallenden Verwurf darstellen, im ganzen genommen also durch ihre Verschiebungen weder eine Dehnung noch eine Verkürzung des betreffenden Erdrindenteils in nennenswertem Maße im Gefolge haben; nur die Aufrichtung und Schrägstellung der Schichten innerhalb der Scholle bewirkt natürlich auch in diesem Falle letzten Endes eine Verkleinerung des ursprünglichen Raumes. Ihrer Form nach bilden solche Schollenstreifen dann inmitten des gesamten Bruchfaltengebirges eine Staffel, und zwar je nach ihrer relativen Höhenlage im einen extremen Falle einen »Aufpressungshorst« oder »Staffelhorst«, im anderen einen »Staffelgraben« — zum Unterschiede von dem durch Zerrung hervorgerufenen »Keilgraben«.

Wie aus den bisherigen Ausführungen hervorgeht, ist der Leinetalgraben jedenfalls in seiner Grundstruktur als einheitliche Bildung aufzufassen, die der Hauptphase der saxonischen Gebirgsbildung, als welche wir die kimmerische (vor- und frühcretacische) ansehen dürfen, angehört. Bezüglich der Altersfrage kommt auch FREBOLD für die Leinetalstörungen, soweit er sie für tektonisch hält, zu dem gleichen Schluß. Inwieweit unter der Einwirkung der späteren Phasen der saxonischen Gebirgsbildung von neuen Bewegungen an den alten Spalten des Leinetalgrabens ausgelöst wurden, ist nicht sicher festzustellen, da Kreide und Tertiär fehlen oder, wie das Tertiär, doch nur in ganz geringfügigen Resten (in der Umgebung von Moringen)

vorhanden ist. Ziehen wir jedoch die zahlreichen Tertiärgräben des unmittelbar benachbarten Sollings in Betracht, so dürfen wir annehmen, daß auch der Leinetalgraben selbst durch die jungtertiären Krustenbewegungen in stärkerem Maße von neuem disloziert worden ist, und daß hierbei gemäß meinen früheren Darlegungen (5) der morphologische Leinetalgraben oder, genauer ausgedrückt, der morphologische Leinetalgraben in seiner heutigen Form entstand. Denn in gewissem Sinne dürfte eine Leinetalsenke wohl immer existiert haben infolge der milden Beschaffenheit und leichten Zerstörbarkeit der den Graben ausfüllenden mächtigen Keuper- und Liassedimente. Das Stadium der Peneplain, durch das der Graben nach der jeweiligen Dislokationsphase hindurchging, ist m. E. nicht so aufzufassen, daß eine durchaus gleichmäßig eingeebnete Peneplain entstehen müßte, wie das z. B. PHILIPPI (39) im Sinne der DAVIS'schen Theorie vermutet. In vielen Teilen des hessisch-hannoverschen Berglandes fand das Tertiär jedenfalls Senken und Talbecken vor, die z. T. durch die präoligocänen Störungen tektonisch vorbedingt waren, wie ich schon früher ausgeführt habe¹⁾ (5).

Auch ELFRIEDE GERVIEN (40) kommt in ihrer recht interessanten Dissertationsarbeit zu dem gleichen Resultat der Lagerung des zu meist miocänen Tertiärs in einem bereits zertalten Gebiet und der durch diese mächtige Tertiäraufschüttung bedingten Verhüllung der ursprünglichen Geländeformen und leitet daraus mit Recht eine epigenetische Flußentwicklung der Weser ab. Nur dem Gebiet des Leinetalgrabens schreibt sie im Gegensatz dazu eine besonders hohe, eine ostwestliche Abdachung des Geländes bewirkende Lage in vortertiärer Zeit zu und sucht diese Ausnahmestellung des Leinetals mit dem heutigen Fehlen des Tertiärs zu begründen, das eben wegen der hohen Lage des Gebietes nur in ganz geringem Maße hätte sedimentiert werden können. Diese Argumentation erscheint mir aber wenig stichhaltig, wie ich denn überhaupt der daraus gezogenen zweiten Folgerung betr. die Antezedenz der Oberweser in ihrem ganzen Umfange nicht beipflichten kann. Wohl stimme ich mit E. GERVIEN bezüglich der großen Bedeutung der jungmiocänen Gebirgsbewegungen für dieses Gebiet überein, die abgesehen von den zahlreichen tertiären Grabenversenkungen auch eine allgemeine Hebung des Gebietes be-

¹⁾ Im Gegensatz zu dem Standpunkte PHILIPPI's, BÜCKING's u. a. und in Übereinstimmung mit den späteren analogen Ergebnissen LACHMANN's habe ich diese Auffassung schon früher (vergl. z. B. meinen Aufsatz »Über das Alter der Dislokationen usw.« S. 266—268) nachdrücklich vertreten und begründet. KINDERMANN (a. a. O.) muß daher meine von ihm zitierten Arbeiten nicht genügend gelesen haben, wenn er meine »präoligocäne Peneplain« ablehnt und daraus Folgerungen auf ein weniger hohes Alter der Störungen zieht. Die gewaltigen Abtragungen zwischen der Dislokationsphase und dem Beginn des Tertiärs bleiben aber nach wie vor bestehen, wenn sie auch zu einer Peneplain im eigentlichen Sinne des Wortes nicht geführt haben, und weisen nach wie vor auf ein weit vortertiäres Alter der Störungen hin. Oder wie will Herr KINDERMANN den großen Schichtenhiatus erklären, wie er in dem Vorhandensein von Keuper und Lias im Verlaufe der Gräben und anderseits dem Fehlen dieser jüngeren Schichten auf den angrenzenden prätertiären Denudationsflächen, den von einzelnen Tertiärresten noch bedeckten Buntsandsteinhochflächen, zum Ausdruck kommt?

wirkt haben, worauf ja die z. T. bedeutende Höhenlage des mio-cänen Tertiärs, sowie der altpliocänen Höhengotter ohne weiteres hinweist¹⁾. Ob aber dabei eine nochmalige Aufsattelung der bereits durch die präoligocäne Gebirgsbildung dislozierten Schichten, und zwar im Rahmen des alten Sattelbaus erfolgte, wie E. GERVIEN, wenn ich sie recht verstehe, annimmt, ist ohne weiteres nicht erweisbar und erscheint in Rücksicht auf die an sich nur schwache Aufrichtung der Schichten, die z. B. im Solling nur unter 5—10° einfallen, auch wenig wahrscheinlich. Antezedent sind die Flüsse des Wesergebietes insoweit, als sie sich in das am Ausgange der Tertiärzeit allmählich hebende Land einschnitten. Aber eine neue Gewölbeform mit neuen Abdachungsverhältnissen braucht dabei nicht entstanden zu sein, und es sprechen ja auch die an sich nur sehr geringfügigen Faltungserscheinungen des lockeren und besonders nachgiebigen Tertiärs in Hannover und Hessen durchaus gegen solche stärkeren Druckwirkungen. Im Gegenteil, die schon in unserem süd-hannoverschen Gebiete vorhandenen und nach S zu sich immer mehr häufenden Basaltergüsse weisen eher auf eine allgemeine Zerrung und Dehnung der Erdkruste während der jungtertiären Dislokations-epoche hin, die wir als unmittelbare Folgeerscheinung einer bedeutenderen, mehr gleichmäßigen und einheitlichen Hebung des Gesamtgebietes ansehen möchten.

Der durch die jungtertiären Schollenbewegungen von neuem hervorgerufenen Grabenbildung, der Entstehung des tektonischen Leinetals, schließt sich dann unmittelbar die diluviale Entwicklung desselben an, die ich in meinen Arbeiten über das Terrassen- und Glazialdiluvium der Weser und Leine bereits kurz gestreift habe (41—43). Ausführlicher möchte ich auch jetzt auf diese Frage nicht eingehen, da sie demnächst von anderer Seite zum Gegenstand einer spezielleren Arbeit gemacht werden soll.

Literaturverzeichnis

1. ARRHENIUS und LACHMANN, Die physikalisch-chemischen Bedingungen bei der Bildung der Salzlagerstätten und ihre Anwendung auf geologische Probleme. Geolog. Rundschau 1912, S. 139 ff.
2. R. LACHMANN, Ekzeme und Tektonik. Zentralbl. f. Min. 1917, S. 414 ff.
3. G. FREBOLD, Der Einfluß der Zechsteinsalze auf die Gestaltung des Göttinger Leinetals. 14. Jahresber. d. niedersächs. geol. Ver. 1921, S. 46 ff.
4. O. GRUPE, Präoligocäne und jungmiocäne Dislokationen und tertiäre Transgressionen im Solling und seinem nördlichen Vorlande. Dies. Jahrb. f. 1908, S. 612 ff.
5. —, Über das Alter der Dislokationen des hannoversch-hessischen Berglandes und ihren Einfluß auf Talbildung und Basalteruptionen. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1911, S. 264 ff.

¹⁾ FREBOLD's Stellungnahme (a. a. O.) gegen E. GERVIEN's Auffassung von der jungtertiären Entstehung des Leinetalgrabens ist durchaus unberechtigt und gründet sich offenbar auf eine ungenügende Kenntnis der GERVIEN'schen Arbeit. Denn E. GERVIEN weist ja gerade nachdrücklich unter Bezugnahme auf die analogen älteren Untersuchungsergebnisse auf die Bedeutung der zweimaligen, der präoligocänen und jungtertiären, Gebirgsbildung hin und faßt genau wie ich die jungtertiären Störungen nur als posthume auf, die den morphologischen Leinetalgraben schufen.

6. O. GRUPE, Über die Zechsteinformation und ihr Salzlager im Untergrunde des hannoverschen Eichsfeldes und angrenzenden Leinegebietes nach den neueren Bohrergebnissen. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1909, S. 185 ff.
7. DEECKE, Die Resultate der Schweremessungen im südlichen Schwarzwald und Elsaß-Lothringen im Vergleich mit dem geologischen Bau dieser Gebiete. Ber. d. naturf. Ges. zu Freiburg Bd. 18, S. 57 ff.
8. KOSMAT, Die mediterranen Kettengebirge und ihre Beziehungen zum Gleichgewichtszustande der Erdrinde. Abhandl. d. sächs. Akad. d. Wiss., mathem.-physik. Kl., 1921.
9. R. LACHMANN, Der Bau des niederhessischen Berglandes bei Hundelshausen. 90. Jahresber. d. schles. Ges. f. vaterl. Kultur 1912, S. 1 ff.
10. —, Ekzeme als geologische Chronometer. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1912, Monatsber. S. 553, und Diskussionsbemerkungen S. 563—565.
11. JOSEPH, Geognostische Beschreibung des rechten Gelsterufers zwischen Sulzberg und Kappenberg 1912. Archiv d. Preuß. Geol. Landesanst.
12. KROESCHELL, Geognostische Beschreibung des Störungsgebietes bei Wendershausen a. d. Werra. 1914. Archiv d. Preuß. Geol. Landesanst.
13. C. KINDERMANN, Der Keupergraben des Ringgaus. Neues Jahrb. f. Min., B.-B. 42, 1919, S. 588 ff.
14. H. STILLE, Die saxonische Faltung. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1913, Monatsber. S. 575 ff.
15. —, Die Begriffe Orogenese und Epirogenese. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1919, S. 164 ff.
16. R. LACHMANN, Zur Klärung tektonischer Grundbegriffe. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1914, Monatsber. S. 227 ff.
17. H. BÜCKING, Gebirgsstörungen und Erosionserscheinungen südwestlich vom Thüringerwald. Dies. Jahrb. f. 1880, S. 60 ff.
18. E. NAUMANN, Über Gebirgsstörungen am Nordwestende des Thüringer Waldes. Dies. Jahrb. f. 1905, S. 680 ff.
19. —, Über Aufnahmeergebnisse im Südwesten des Hainichs. Dies. Jahrb. f. 1904, S. 715 ff.
20. —, Ein Aufschluß in der Finnestörung bei Rastenberg. Dies. Jahrb. f. 1917, S. 201 ff.
21. H. SCHROEDER, Erläuterungen zu Blatt Salzgitter, S. 135 ff.
22. O. GRUPE und W. HAACK, Zur Tektonik und Stratigraphie des Hildesheimer Waldes. Jahresber. d. niedersächs. geol. Ver. 1914, S. 1 ff.
23. O. RENNER, Salzlager und Gebirgsbau im mittleren Leinetal. Archiv f. Lagerstättenforschung, herausgeg. von der Preuß. Geol. Landesanst. 1914.
24. H. STILLE, Hebung und Faltung im sogenannten Schollengebirge. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1916, Monatsber. S. 285 ff.
25. —, Der Mechanismus der Osning-Faltung. Dies. Jahrb. f. 1910, S. 357 ff.
26. E. HAARMANN, Die Ibbenbürener Bergplatte, ein »Bruchsattel«. BRANCA-Festschrift. Leipzig 1914, S. 324 ff.
27. —, Über den geologischen Bau Nordwestdeutschlands. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1914, Monatsber. S. 354 ff.
28. KÖHLER, Über Störungen im westfälischen Steinkohlengebirge und deren Entstehung. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen, Berlin 1880.
29. QUIRING, Die Entstehung der Schollengebirge. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1913, S. 418 ff.
30. H. CLOOS, Zur Entstehung schmaler Störungszonen. Geol. Rundschau 1916, S. 41 ff.
31. SALOMON, Über eine eigentümliche Grabenversenkung bei Eberbach im Odenwald. Mitt. d. Bad. geol. Landesanst. 1903, S. 211 ff.
32. —, Über die Stellung der Randspalten des Eberbach- und Rheintalgrabens. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1903, S. 403 ff.
33. —, Die Bedeutung der Messung und Kartierung von gemeinen Klüften. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1911, S. 496 ff.
34. RÖHRER, Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydrologischen Netz im nördlichen Schwarzwald. Jahresber. d. Oberrh. geol. Ver., N. F., Bd. 6, 1916, S. 8 ff.
35. VAN WERWECKE, Zusammenhang von Falten und Spalten. Einfallen der Rheintal-spalten. Mitt. d. Geol. Landesanst. v. Elsaß-Lothr. Bd. X, 1916/17, S. 101 ff.

36. Blösch, Zur Tektonik des schweizerischen Tafeljura. Neues Jahrb. f. Min., B.-B. XXIX, 1910, S. 593 ff.
37. Buxtorf, Beiträge zur geologischen Kenntnis der Schweiz, N. F., 11. Lief., 1901.
38. —, Prognosen und Befunde beim Hauensteinbasis- und Gremchenbergtunnel. Verh. d. naturf. Ges. Basel 1916, S. 184 ff.
39. E. Philippi, Über die präoligocäne Landoberfläche in Thüringen. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1910, S. 305 ff.
40. E. Gervien, Der Lauf der Oberweser im Buntsandsteingewölbe. Inaug.-Diss. Berlin 1914.
41. O. Grube, Zur Frage der Terrassenbildungen im mittleren Flußgebiet der Weser und Leine und ihrer Altersbeziehungen zu den Eiszeiten. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1909, Monatsber. S. 484 ff.
42. —, Das Glazialdiluvium und die Plänerschotter des Leinetals. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1910, Monatsber. S. 425 ff.
43. —, Die Flußterrassen des Wesergebietes und ihre Altersbeziehungen zu den Eiszeiten. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1912, S. 265 ff.